

Thomas Nyholm

Putkiurituskoneen konseptointi

Ergonomisempi ote

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Muotoilija

Teollinen muotoilu

Opinnäytetyö

14.11.2013

Tekijä(t) Otsikko	Thomas Nyholm Putkiurituskoneen konseptointi
Sivumäärä Aika	47 sivua + 1 liite 14.11.2013
Tutkinto	Muotoilija
Koulutusohjelma	Muotoilu
Suuntautumisvaihtoehto	Teollinen muotoilu
Ohjaaja(t)	Opinnäytetyön ohjaaja Mika Ihanus Opinnäytetyön ohjaaja Ville-Matti Vilkkä Toimitusjohtaja Akseli Hauhia
<p>Opinnäytetyössä perehdytään markkinoilla oleviin putkiurituskoneisiin ja konseptoidaan kyseiseen käyttöön soveltuvaa ergonomisempaa ja käyttäjäystävällisempää vaihtoehtoa. Putkiurituskoneella tehdään uria LVI-putkistojen putkiin Victaulic-tyyppisten uraliittimien asentamista varten. Työ tehdään Enexia Oy:lle.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkitaan koneiden käyttötilanteita, käydään läpi konseptointiprosessi luonnosteluineen ja hahmomallien rakentamisineen ja esitellään lopullinen konsepti. Tehdyt valinnat ja vaihtoehtojen eliminointi esitetään perusteluineen. Työn taustoittava osuus koostuu ergonomisiin julkaisuihin tutustumisesta ja olemassaolevien mallien analysoinnista. Lopputuotoksena esitellään ehdotus hahmomallin ja esittelykuvien muodossa eikä siitä tehdä 3D-mallia. Tarkempi mekaaninen suunnittelu ja talousanalyysit jätetään työn ulkopuolelle.</p> <p>Työn tarkoituksena on selvittää nykyisten tuotteiden ongelmia ja tarjota niihin ratkaisuja. Tuloksia ja havaintoja tullaan käyttämään myöhemmin suunniteltavan koneen taustatietoina.</p>	
Avainsanat	Ergonomia, työkalusuunnittelu, käsityökalu

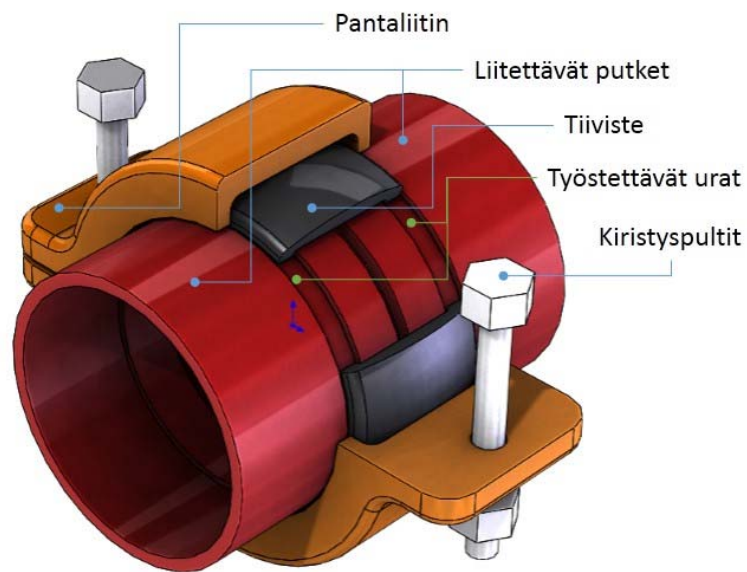
Author(s) Title	Thomas Nyholm Designing a groove former
Number of Pages Date	47 pages + 1 appendice 14 Nov 2013
Degree	Designer
Degree Programme	Design
Specialisation option	Industrial design
Instructor(s)	Mika Ihanus, Principal Lecturer Ville-Matti Vilkkä, Principal Lecturer Akseli Hauhia, CEO
<p>During this thesis a new, more ergonomic and user friendly groove forming tool is being designed. The forming tools are used to make grooves into pipes for assembling the pipelines with Victaulic –type groove couplings. Knowledge of existing alternatives is gathered; how they are used, how they are constructed, and what are their drawbacks and benefits. The thesis is made for Enexia Oy. The process, including sketching, manufacturing of mock-ups, and eliminating the alternatives is described in this thesis. Some theory of ergonomics is presented as well, but the thesis has a more of a hands-on approach.</p> <p>The purpose of this thesis is to provide information about the drawbacks and challenges concerning the current products. This information will be valuable during the upcoming designing of a new model of groove forming machine.</p> <p>This thesis is a part of an upcoming product design project, and will focus on maximizing the ergonomics and usability of the product. Therefore, no financial or structural analysis will be presented in the thesis. Also, there will be no changes to the mechanics or technology used within the product, but current components are presumed to be used.</p> <p>As the outcome of this thesis, the concept will be presented using presentation pictures and photographs of the mock-up.</p>	
Keywords	Ergonomics, Hand tool

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tausta	2
2.1	Enexia ja Victaulic	2
2.2	Työperäiset tuki- ja liikuntelinsairaudet	2
3	Tavoitteet	4
3.1	Tutkimusongelma	4
3.2	Tehtävän rajaus	4
3.3	Tuotokset	4
4	Taustatietoja	5
4.1	Ergonomiasta	5
4.2	Nykyiset mallit	7
4.2.1	Kyselylomake	7
4.2.2	Käyttötilanteen havainnointi	8
5	Havainnot ja johtopäätelmät	14
5.1	Mitoituksesta	14
5.2	Otteista	16
5.3	Muista ongelmista	18
5.4	Johtopäätökset kyselystä	20
6	Konseptointi	21
6.1	Visuaaliset referenssit	21
6.2	Ideointi, konseptointi	23
7	Yhteenveto	38
7.1	Lopullinen konsepti	38
7.2	Jatkotoimenpiteet	46
	Lähteet	48
	Liitteet	
	Liite 1. Kyselylomake	

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena on konseptoida uutta käsikäyttöistä putkiurituskonetta Enexia Oy:lle. Putkiurituskoneilla tehdään EN10127-standardin mukaisten putkien päihin uria Victaulic-tyyppisten putkiliittimien asennusta varten. Kuvassa 1 esitetään uraliittimien toimintaperiaate.



Kuva 1 Victaulic -uraliittimen toimintaperiaate

Konseptointiprojekti on osa suurempaa tuotekehitysprojektia. Projektin tässä vaiheessa keskitytään tuotteen käytettävyyden ja ergonomian maksimoimiseen, eivätkä valmistus- tai materiaalikustannukset vaikuta suuresti konseptoinnissa tai tässä opinnäytetyössä tehtyihin valintoihin.

Enexialla on tällä hetkellä myynnissä kahden valmistajan putkiurituskoneita, ja molempien valmistajien tuotteet ovat raskaita ja epäergonomisia käyttää. Enexian edustajan mukaan markkinoilla ei tällä hetkellä ole tarjolla tuotetta, jonka käyttö olisi ergonomista ja intuitiivista.

Tuotekonseptoinnin aikana ei ole tarkoitus kehittää tuotteelle uutta toimintaperiaatetta ja toiminnallisina osina oletetaan käytettävän nykyisten vastaavien tuotteiden osia. Enexia Oy selvittää tarvittaessa kyseisten komponenttien patentti-, lisensoimis-, ja tekijänoikeusasiat.

Koska kyseessä on olemassaolevien ratkaisujen kehittäminen, ei työssä oleteta olevan salattavia osuuksia. Mikäli projektin ohessa syntyy ajatus paremmasta toimintaperiaatteesta, otetaan se mahdollisesti osaksi uutta konseptia. Mikäli kehitystyön aikana ilmenee tilaisuus tai tarve jonkin toiminnallisen kokonaisuuden tai osakokonaisuuden patentoimiselle, jätetään kyseiset ratkaisut raportoimatta ainakin patenttihakemuksen käsittelyn ajaksi.

Projektin aikana pyritään selvittämään käyttäjien aikaisempia kokemuksia, työolosuhteita ja työskentelytapoja. Konseptoitavan tuotteen käyttötarkoituksesta ja projektin päämääristä johtuen tutkittavaksi ryhmäksi valitaan Enexia Oy:n asiakkaina toimivat putkiasentajat. Ryhmän kokemuksia ja ajatuksia selvitetään kyselyllä, joka toteutetaan Enexia Oy:n tiloissa. Enexian tiloissa suoritetaan myös koejärjestely, jonka avulla pyritään taltioimaan ja tarkastelemaan putkiurituskoneen käyttötilannetta.

2 Tausta

2.1 Enexia ja Victaulic

Projekti tehdään Enexia Oy:lle. Enexia Oy myy tuotteita ja työkaluja putkisto- ja sprinklerjärjestelmien asentamiseen ja valmistukseen. Pääosa toiminnasta koostuu valmiiden komponenttien myynnistä ja esivalmistuksesta, eikä Enexialla ole merkittävää omaa tuotekehitystä. Osana yrityksen kehitystä Enexia pyrkii tulevaisuudessa panostamaan omaan tuotekehitykseen ja omiin tuotteisiin. Mahdollisten omien tuotteiden valmistus tullaan teettämään alihankkijoilla, eikä Enexialla ole pyrkimystä omaan tuotevalmistukseen.

2.2 Työperäiset tuki- ja liikuntelinsairaudet

Putkiurituskoneen käyttöympäristöistä ja –tilanteista johtuen sitä tullaan käyttämään epäergonomisissa asennoissa. Varsinkaan vanhojen putkistojen saneerausten ja

modifiointien yhteydessä työasentoihin tai –tiloihin ei voida suuresti vaikuttaa. Työperäisillä TULE–sairauksilla tarkoitetaan joko työn tai työympäristön suoraan aiheuttamia tuki- ja liikuntaelinten fyysisiä vammoja tai häiriöitä, tai oireita, joita edellämainitut tekijät pahentavat. Toistuva ja pitkään jatkuva voimankäyttö saattaa johtaa lihasten väsymiseen ja pehmytkudosten mikroskooppisiin vammoihin, vaikka se olisi kohtuullisella tasolla. Tällaisten niska- ja yläraajavaivojen oireita ovat mm. särky, tunnottomuus, ja kihelmöinti. (EU-OSHA, 2007.)

Työn ergonomisuuteen vaikuttaa useita tekijöitä. Yleensä keskitytään työskentelyasentoon ja työn vaatimiin liikkeisiin (istuminen ja seisominen, veto- ja työntöliikkeet, nostaminen jne) ja ympäristötekijöihin (esim. melu, valaistus), mutta myös informaatiolla ja työn organisoinnilla on suuri merkitys työn ergonomisuuteen. (Dul & Werdmeester, 2001, 2.)

Tässä opinnäytetyössä ei tulla ottamaan kantaa työn organisointiin tai työskentelyasentoihin, vaan pyritään minimoimaan työn aiheuttamia vaurioita.

Suomessa rakennusalan työntekijöistä n. 45 % ilmoittaa työn aiheuttavan selkä- ja lihaskipuja (Virtanen & Paskin, 2010). Niskan ja yläraajojen tuki- ja liikuntasairauksien suurimmiksi riskitekijöiksi mainitaan mm. työskentely painavien tavaroiden kanssa, toistuva työskentely käsivarret kohotettuina ja suuren puristusvoiman vaativien tavaroiden kanssa työskentely (EU-OSHA, 2007).

Mikäli työtä tehdään toistuvasti hartialinjan yläpuolella, siihen liittyy staattista kuormitusta tai toistuvia nostoja tai työssä tarvittava voimankäyttö on suurta, kohooa niskan ja yläraajojen TULE–sairauksien riski (Dul & Werdmeester, 2001, 28-29). Työkalujen käyttö saattaa aiheuttaa ongelmia myös kyynärpäiden, ranteiden ja käsien alueella. Yleisimpiä syitä näille ovat mm. suuren lihasvoiman tarve (laaja ote tai puristusote), ranteiden ja nivelten epäluonnolliset asennot, työkalujen aiheuttama paikallinen paine, toistuvat ranneliikkeet ja työkalun aiheuttama värinä. (EU-OSHA, 2007; Kuorinka, 1987, 3).

Uuden, kevyemmän ja ergonomisemman putkiuritustyökalun avulla edellämainittuja haittoja voidaan vähentää.

3 Tavoitteet

3.1 Tutkimusongelma

Markkinoilla olevat käsikäyttöiset putkiurituskoneet ovat sekä raskaita että epäergonomisia. Tämä yhdistettynä haastavaan työympäristöön aiheuttaa huomattavia rasituksia sekä työssäjaksamiselle että työhyvinvoinnille. Projektin tarkoituksena onkin kehittää konsepti ”best case” –skenaarion mukaisesta putkiurituskoneesta; tuote, jonka käyttö on sekä mielekästä että tehokasta.

3.2 Tehtävän raja

Projektin aikana ei tulla tekemään syvällisempiä luku- tai talousanalyyskejä. Tuotteen valmistus ei vielä ole ajankohtaista, eikä tuotteesta ole näin ollen tarpeellista tehdä tuotantovalmistusta dokumentaatiota. Myöskään työympäristöön, työskentelyasentoihin tai työpisteisiin ei oteta projektin aikana kantaa.

3.3 Tuotokset

Projektin lopputuotoksina on tarkoitus saada aikaan esittelykuvat ja toimintakuvaukset uuden sukupolven putkiurituskonekonseptista, käyttäjätarpeiden kartoitus, ja ajan salliessa 1:1 -hahmomalli konseptista. Näitä tullaan käyttämään lähtökohtina myöhemmin toteutettavassa tuotteistamis- ja tuotesuunnitteluvaiheessa.

4 Taustatietoja

4.1 Ergonomiasta

Ergonomisessa lähestymistavassa pyritään keräämään tuotteen käyttöön, sen käyttötapoihin ja käyttöympäristöön liittyviä tekijöitä jo suunnittelun alkuvaiheissa.

Prosessin aikana kerätään ja analysoidaan tietoa, valituksia, toiveita ja ideoita liittyen kehitettävän tuotteen terveys- ja turvallisuustekijöihin ja sen käytettävyyteen. Käytettävyyttä voidaan tarkastella kahdesta näkökulmasta. Objektiivisena mittarina toimii tuotteen käytön tehokkuus; virhesuoritusten määrä, operaation vaatima aika ja sen käytön oppimisen nopeus. Subjektiivisena mittarina toimii tuotteen omaksumisen helppous; onko sen käyttö intuitiivista ja miellyttävää, vai aiheuttaako sen käytön opettelu ennemminkin stressiä. (Dul&Werdmeester, 2001, 116-117.)

Tiedon keräämiseen soveltuvia tekniikoita ovat mm. tilastotiedon ja valmiiden dokumenttien analysointi, käyttäjien ja käyttötilanteiden havainnointi, haastattelut ja kyselyt, ryhmäkeskustelut sekä erilaiset koejärjestelyt. Koetilanteet muuttavat yleensä ihmisten toimintatapoja ja käytöstä, mutta tätä voidaan pyrkiä minimoimaan perehdyttämällä tutkittavat henkilöt mahdollisimman hyvin koejärjestelyihin. (Dul&Werdmeester, 2001, 116-117).

Suurin osa ihmisistä kykenee käyttämään lihaksiaan täydellä teholla vain muutaman sekunnin ajan ja puolellakin teholla vain pari minuuttia kerrallaan. Mikäli lihaksia rasitetaan liikaa, kestää niiden palautuminen pitkään. Työtä tuleekin tauottaa siten, että lepotauot jakautuvat tasaisesti päivän ajalle. Toistuvien liikkeiden lisäksi myös staattiset kuormitukset ovat rasittavia. (Dul&Werdmeester, 2001, 116-117).

Mikäli työkalu on liian painava, saattaa käsivarsi joutua kovaan staattiseen rasitukseen. Tilanne on sama silloin, kun joudutaan työskentelemään käsivarret kohotettuina. Toistuva työskentely käsivarret kohotettuina aiheuttaa usein hartia- ja niskavaivoja. Työtilat ja -välineet tulisikin suunnitella siten, että tarvittavat käsivarsien liikkeet voidaan toteuttaa kaarevina, ja olkavarsien huomattavaa kohottamista sivuille, eteen tai taakse pystytään välttämään. N. 30° on hyväksytty todettu olkavarren maksimikulma pysyvälle tai usein toistuvalla työasennolla. (Kuurinka, 1987, 2,6.)

Muuten työvälineet ja –tilat tulisi suunnitella siten, että työskentely vaatii mahdollisimman vähän poikkeamia nivelten lepo- tai neutraaliasennoista. Pienetkin poikkeamat nivelten optimiasennoista ja –voimista voivat usein toistuessaan aiheuttaa nivelten ja jänteiden rasittumista ja vaurioita. Esimerkiksi työskentely, joka edellyttää ranteen toistuvaa ja/tai voimakasta taivutusta, saattaa aiheuttaa mm. jännetupen tulehduksen tai keskihermon puristumisen. (Haapiainen, 1979A, 3-4). Tenniskyynärpää puolestaan aiheutuu usein työstä, joka edellyttää toistuvaa ja pitkäaikaista ranteen ja kyynärnivelen yhtäaikaista taivutusta (Dul&Werdmeester, 2001, 24).

Pyrkimys pysyä nivelten optimialueella työskennellessä lisää terveydellisten vaikutusten lisäksi työn tehokkuutta. Lihaksien tuottama voima voidaan siirtää työn tehokkaimmin silloin, kun nivelet ovat neutraalissa asennossa (Dul&Werdmeester, 2001, 24). Poikkeuksena voidaan mainita olkakyytä, jonka tapauksessa suurin voima saadaan tuotettua n. 90°-120° koukistuskulmalla. Olkakyytä käytetään lähinnä työkalun loitontamiseen tai lähentämiseen. (Bullinger, 1979, Haapiaisen, 1979A, 9 mukaan).

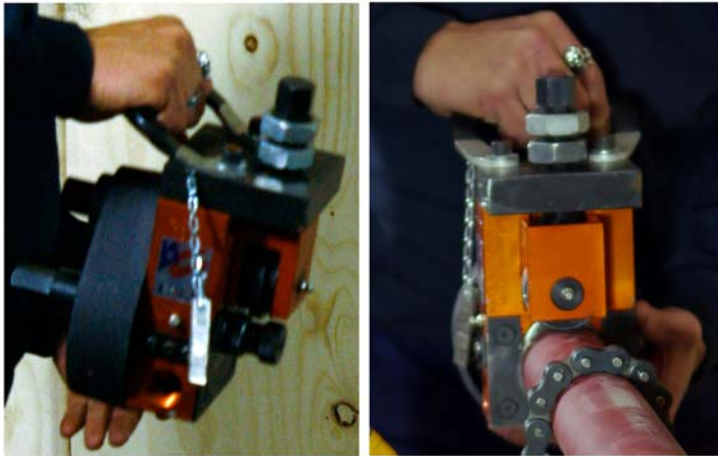
Ranteen koukistaminen aiheuttaa jänteiden puristumista ja sitä kautta puristusvoiman heikentymistä jopa kolmannekseen optimiasentoon verrattuna. Ilmiö on voimakas etenkin taivutettaessa rannetta kämmenen puolelle. (Kuorinka, 1987, 4.) Mikäli työskennellessä rannetta taivutetaan pikkusormen suuntaan, ongelmat johtuvat yleensä enemmänkin työkalun kahvasta ja sen muotoilusta; työkalun kädensija saattaa painaa kämmenessä kulkevia hermoja tai verisuonia (Kuorinka, 1987, 8).

Käden perusasennolle voidaan käyttää seuraavia ohjeita: kyynärvarsi on koukistuksen ja ojennuksen välillä, ja ranne aivutettuna kämmenselän puolelle 30°-40° siten, että peukalon kärki osuu etusormen kärkeen (Kuorinka, 1987, 7).

Mikäli työkalua ei voida tukea tai sitä joudutaan käyttämään yhdellä kädellä, ei sen painon tulisi ylittää kahta kiloa. Työkalujen paino tulisi yleensäkin pyrkiä pitämään alle kymmenessä kilossa. Painosta riippumatta työkalun painopiste tulisi pyrkiä pitämään mahdollisimman lähellä käyttäjän vartaloa, enintään n. 25 cm:n päässä.

Painavat, kaksin käsin käytettävät työkalut tulisi muotoilla siten, että työkalun muoto tukee pyrkimystä erottaa kannattava ja ohjaava toiminta eri käsille; toinen käsi kantaa

suurimman osa kuormasta toisen ohjatessa työkalun liikettä. Kuvassa 2 esitetään tilanne, jossa konetta asemoidaan kahdella kädellä.



Kuva 2 Otteista - vasen käsi ohjaa, oikea kantaa

4.2 Nykyiset mallit

Enexialla on myynnissä sekä Victaulicin että Pacetoolsin valmistamia putkiurituskoneita. Käyttäjien kokemuksia näistä malleista pyritään selvittämään sekä kyselylomakkeella että havainnoimalla koneen käyttötilannetta.

4.2.1 Kyselylomake

Kyselylomake suunnattiin Enexian asiakkaina toimiville putkiasentajille. Kyselyyn oli mahdollista vastata sekä sähköisesti että Enexian tiloissa. Projektin aikataulurajoitteista johtuen kysely jatkuu koko projektin ajan, ja kehitystyötä ratkaisuihin peilataan kyselyn tuloksiin ajoittain. Kysely kokonaisuudessaan löytyy liitteestä 1.

Kysely voidaan jakaa pääpiirteissään kuuteen osa-alueeseen: taustatiedot, aiemmat kokemukset putkiurituskoneista, koneen valintaperusteet, tyytyväisyys nykyiseen koneeseen, käyttöolosuhteet ja toimintatavat ja tulevaisuuden toiveet.

Projektin pääasiallisena lähestymistapana on tuotteen käytettävyyden ja ergonomian parantaminen, ja kysely pyrittiin pitämään mahdollisimman lyhyenä. Näistä syistä kysely

rajattiin koskemaan käyttötilanteita ja käyttökokemuksia. Kyselyn ulkopuolelle rajattiin mm. taloudelliset muuttujat ja koneen huollettavuuteen liittyvät muuttujat.

Sekä huollettavuudella että tuotteen hinta-laatu -suhteella on suuri merkitys yleiseen käyttökokemukseen. Edellämainituista tekijöistä johtuen huoltoon, huollettavuuteen ja taloudellisiin muuttujiin liittyvät kysymykset rajattiin kyselyn ulkopuolelle. Näihin pyritään tarvittaessa löytämään vastaus Enexia Oy:n myynti- ja huoltohistorian sekä kokemusten perusteella.

Suurin osa kyselyn kysymyksistä oli monivalinta- tai asteikkokysymyksiä. Kyselyn loppupuolella oli myös kaksi Pair ranking –tyylistä kysymystä, eli sarjoja, joissa jokaista kysymyksen tarjoamaa vaihtoehtoa verrattiin keskenään. Pair ranking –menetelmä pyrkii tarjoamaan nopean ja yksinkertaisen tavan priorisoida listattuja asioita ja tarpeita. Menetelmän vahvuuksia ovat sen systemaattisuus ja yksinkertaisuus. Jokainen muuttuja käsitellään erikseen, ja vastaajan on vain valittava, kumpi kahdesta vaihtoehdosta on houkuttelevampi. (Jones, 1998, 148).

4.2.2 Käyttötilanteen havainnointi

Enexia Oy:n tiloihin valmisteltiin koejärjestely, jonka avulla pyrittiin havainnoimaan Pacetoolsin valmistaman putkiurituskoneen käyttöä. Koejärjestelyssä simuloitiin sekä tilanne, jossa konetta käytettiin erillisellä työpöydällä että tilanne, jossa konetta jouduttiin käyttämään epäergonomisemmassa asennossa.



Kuva 3 Koejärjestelyt

Käytön simuloimiseen kenttätarkkailun sijasta päädyttiin ajankäytön ja dokumentoinnin tehokkuuden maksimoimiseksi. Vaikka ihmisten käytöksen ja toiminnan muutokselta koetilanteissa ei voida kokonaan välttyä, pyrittiin muutokset minimoimaan perehdyttämällä koehenkilö koejärjestelyihin ja tallennusmetodeihin (Dul & Werdmeester, 2001, 116-117).

Kokeen aikana toimintaa tallennettiin pääasiassa valokuvaamalla. Valokuvat auttavat sekä havainnollistamaan laitteen käyttöproseduuria että selvittämään laitteen käyttöön liittyviä ongelmakohtia ergonomian ja käytettävyyden kannalta.



Kuva 4 Pöydällä uritettava putki

Urituksen vaiheet pöytäkäytössä:

A: Urituskone asetetaan putken suulle. Koneita kannatetaan rungosta, ja kantokahvaa käytetään koneen ohjaamiseen ja paikoittamiseen.

B: Kone makaa putken yläpinnalla ulomman valssipyörän varassa.

C: Kone kiinnitetään paikoilleen.

D: Lopullinen uritusvyvyys säädetään kalibrointilevyjen avulla.



Kuva 5 Lopullisen urisyvyyden säätö

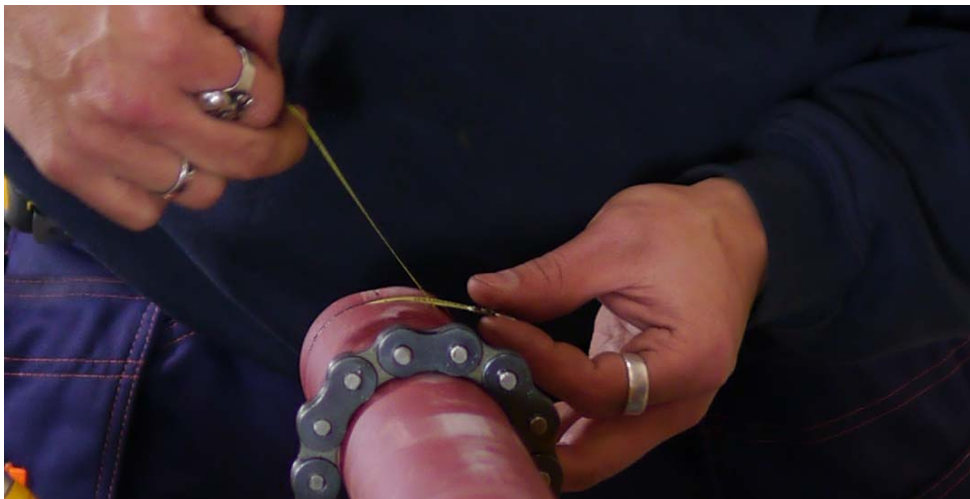
E: Koneen alustava puristusvyvyys ja -voima säädetään kohdilleen kokemuksen ja tuntuman mukaan.

F-G: Uraa työstetään syvemmäksi pyörittämällä konetta käyttökammesta.

H: Kun asetettu syvyys on saavutettu, säädetään puristusvyvyttä ja -voimaa syvemmäksi.

I-J: Kun vaiheessa D asetettu lopullinen uritusvyvyys on saavutettu, kone irrotetaan putkelta

K: Uran syvyys tarkastetaan. Kuvissa 2 / K ja 4 on käytössä rullamitta, jolla uran syvyys mitataan ympärysmittan avulla



Kuva 6 Urasyvyyden tarkistus

L: Putkelle ja uralle suoritetaan yleistarkastus geometrian ja materiaalin eheyden varmistamiseksi.



Kuva 7 Putken uritus katonrajassa

Urituksen vaiheet katonrajassa:

A-B: Urituskone asetetaan putken suulle. Konetta sekä kannatetaan että ohjataan rungosta. Kone asetetaan paikoilleen siten, että se makaa putken alapinnalla sisemmän valssipyörän varassa.

C: Kone kiinnitetään paikoilleen.

D: Lopullinen uritusvyvyys säädetään kalibrointilevyjen avulla.



Kuva 8 Kalibrointilevyjen käyttö

E: Koneen alustava puristussyvyys ja -voima säädetään kohdilleen kokemuksen ja tuntuman mukaan.

F-G: Uraa työstetään syvemmäksi pyörittämällä konetta käyttökammesta.

H-I: Kun asetettu syvyys on saavutettu, säädetään puristussyvyyttä ja -voimaa syvemmäksi.

J-K: Kun vaiheessa D asetettu lopullinen uritusvyvyys on saavutettu, kone irrotetaan putkelta

L: Uran syvyys tarkastetaan. Kuvissa 5 L ja 7 on käytössä rullamitta, jolla uran syvyys mitataan ympärysmittan avulla



Kuva 9 Urasyvyyden tarkistaminen

Lopuksi putkelle ja uralle suoritetaan yleistarkastus geometrian ja materiaalin eheyden varmistamiseksi.

Koneen käyttö noudattaa pääpiirteissään samaa proseduuria sekä pöydällä olevan putken esivalmistuksessa että seinälle tai kattoon asennettujen putkien urittamisessa. Vain työympäristö ja siitä aiheutuvat työskentelyasennot ja ergonomiset haasteet muuttuvat.

5 Havainnot ja johtopäätelmät

5.1 Mitoituksesta

Koska konetta käytetään ahtaissa tiloissa, tulee sen äärimitat pitää mahdollisimman pieninä.



Kuva 10 Putkiurituskoneen liikerata

Laitteen syvyys suunnalla, s.o. putken pituussuunnassa, ei ole suurta merkitystä, mutta etäisyys koneen sisemmästä valssipyörästä sen ääripisteeseen tulee minimoida. Kyseinen mitta rajoittaa koneen käyttöä ahtaissa tiloissa.

Käyttökamman pituuteen tulee myös kiinnittää huomiota, sillä liian pitkä varsi aiheuttaa turhaa kurottelua laitteen käytön aikana. Toisaalta kamman lyhentäminen lisää sen pyörittämiseen tarvittavaa voimaa. Mikäli koneen toiminnallisiin osiin tullaan tekemään muutoksia, tätä voidaan kompensoida välityssuhteen muutoksilla.



Kuva 11 Käyttökammen ergonomisia haasteita

PaceToolsin valmistaman putkiurituskoneen mukana toimitetaan räikkätoiminen käyttökahva, jonka hyödyt ovat merkittäviä. Ensinnäkin räikkätoimisuus mahdollistaa ahtaamassa tilassa työskentelyn, minkä lisäksi se vähentää turhaa kurottelua.

Koneen sisemmän valssipyörän halkaisija on liian suuri pienimpiä putkikokoja ajatellen, ja tähän toivottiinkin muutosta.

Sekä Pacetoolsin että Victaulicin putkiurituskoneiden kantokahvat ovat heikkoja käytettävyydeltään ja ergonomialtaan. Sekä kahvojen paksuudet että sormille jäävä tila ovat liian pieniä molemmissa tapauksissa.



Kuva 12 Pacetoolsin kahvasta

Kahvoissa on riittävästi tilaa kämmenen leveyssuunnassa, mutta syvyysuunnassa tila käy ahtaaksi.

5.2 Otteista

PaceToolsin kantokahvaa käytetään nimensä mukaisesti lähinnä laitteen nostamiseen ja siirtämiseen. Katonrajassa työskenneltäessä laite nostetaan putken suulle sen rungosta, samalla kun sitä tuetaan ja ohjataan toisella kädellä.



Kuva 13 Laitteen asettelu hartialinjan yläpuolella

Tämä tapa on luonnollisin, kun työskentely tapahtuu hartialinjan yläpuolella. Koneen sisempi valssipyörä sijaitsee lähempänä sen alaosaa, ja tämä asento minimoi kurottelun tarpeen. Koneen paino edellyttää kuitenkin kahden käden käyttöä sen kannattelemisessa, eikä koneen nykyinen muotoilu tue tätä. Kyseisellä otteella koneen painopiste nousee kauas tukipisteestä, mikä edellyttää koneen tukemista kaikilta neljältä sivulta. Tällöin koneen rungon leveys pakottaa toisen käden leveään puristusotteeseen. Myös koneen kulmikas muotoilu aiheuttaa ongelmia muun muassa sen aiheuttaman korkean pintapaineen takia.



Kuva 14 Koneen paikoittaminen pöytäkäytössä

Pöydällä työskentellessä koneen muotoilu tukee paremmin luonnollista työskentelytapaa. Koneita kannetaan kantokahvasta, ja lisätukea annetaan kannatteleamalla konetta rungon alta. Kone ohjataan paikoilleen runkoa kannattelevalla kädellä. Kun kone on asetettu paikoilleen putken yläpinnalle ulkotuurnan varaan, sitä kannatellaan rungosta toisella kädellä samalla kun kiinnistys varmistetaan kiristysruuvien avulla.

Kantovaiheessa painopiste sijoittuu selvästi pääasiallisen kantokahvan alapuolelle, ja koneen tasapaino on hyvä. Kiristettäessä konetta paikoilleen tilanne muuttuu labiilimmaksi, mutta on vielä helposti hallittavissa. Koneen kulmikas muotoilu on edelleen ongelma, mutta haitat ovat selkeästi pienempiä kuin edellisessä tapauksessa.

Kiristysruuvien sijaintiin ei kannata puuttua sen kummemmin, sillä sen nykyinen sijainti koneen putkipuolella on looginen toimintaperiaatteen kannalta. Putkien esivalmistuksessa asentaja voi asemoitua aina siten, että voi tukea konetta vahvemmallalla kädellään kiristysruuvien aikana. Olemassaolevien putkistojen korjaus- ja modifiointitöissä asentajan sijoittuminen putkeen nähden on aina tapauskohtaista, eikä tähän voida varautua laitteen suunnitteluvaiheessa.

5.3 Muista ongelmista

Lopullisen uritusvyödyden säätäminen kalibrointilevyillä koettiin hankalaksi. Itse operaatio on yksinkertainen ja nopea, mutta irralliset tai ketjulla kiinnitetyt levyt ovat alttiita häviämään ja olemaan tiellä.

Myös koneen asemointi on hankalaa, koska koneesta puuttuvat kunnolliset ohjaimet oikean asennon löytämiseksi. Tällä hetkellä putken ja koneen käyttöakselin yhdensuuntaisuus toteutetaan tukemalla koneen naamapinta putken ulkopintaa vasten, eikä muuta ohjausta ole olemassa.



Kuva 15 Koneen asemointi

Mikäli putken ja sisemmän valssipyörän keskiakselit eivät ole täysin yhdensuuntaisia, alkaa kone kiertää putkeen spiraalimaista uraa. Lopputuloksena on joko toleransseja leveämpi ura tai pahimmassa tapauksessa tuhoutunut putken pää.



Kuva 16 Väärän suuntauksen seurausta

Koneen kiristysvoimaa ei ole rajoitettu, ja sängen usein varsinkin ohutseinäiset putket menettävät muotonsa ylikiristämisen seurauksena.



Kuva 17 Liiallisen puristusvoiman seurausta

5.4 Johtopäätökset kyselystä

Kysely lähetettiin sähköpostitse n. 150:lle henkilölle. Henkilölistaa saatiin Enexia Oy:n asiakasrekisteristä ja koostui pääosin Enexian asiakasorganisaatioiden ostajista ja projektipäälliköistä. Sähköpostiviestissä oli linkki internetpohjaiseen kyselyyn, kysely pdf-tiedostona, ja saateviestinä pyyntö ohjata kysely eteenpäin yrityksen asentajille. Koska kyselyyn saatiin 4 vastausta, ei sen tuloksista voida vetää kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä.

Tärkeitä havaintoja olivat mm. koneen painon merkitys käyttömukavuuden kannalta, ilmeinen tyytyväisyys Pacetoolsin räikkätoimiseen kahvaan sekä tarve kantohihnalle. Koska opinäytetyön puitteissa ei tehdä koneen sisäiseen tekniikkaan muutoksia, ei koneen painoon voida vaikuttaa merkittävästi. Suurehkoa painoa voidaan kuitenkin kompensoida muotoilun avulla. Mikäli koneen muoto tukee operoimista kahdella kädellä eikä aiheuta suurta pintapainetta käsiin, painon aiheuttamia haittoja voidaan vähentää. Muut tarvittavat tiedot, esim. tiedot yleisimmin käytetyistä putkista ja koneiden huolto-, tai varaosatarpeista pyritään keräämään Enexian myyntihistorian ja kokemuksen avulla.

6 Konseptointi

6.1 Visuaaliset referenssit

Visuaalisten referenssien valintaa pohjustettiin vapaamuotoisilla keskusteluilla, joilla pyrittiin selvittämään kokemuksia ja käsityksiä eri valmistajien työkaluista.



Kuva 18 Visuaaliset referenssit - sähkökäyttöisiä työkaluja

Sekä Makitan että Hitachin valmistamia työkaluja käytettiin niin töissä kuin vapaa-ajallakin. Boschin valmistamista koneista ei ollut omakohtaisia kokemuksia, mutta niistä oli silti positiivisia käsityksiä.

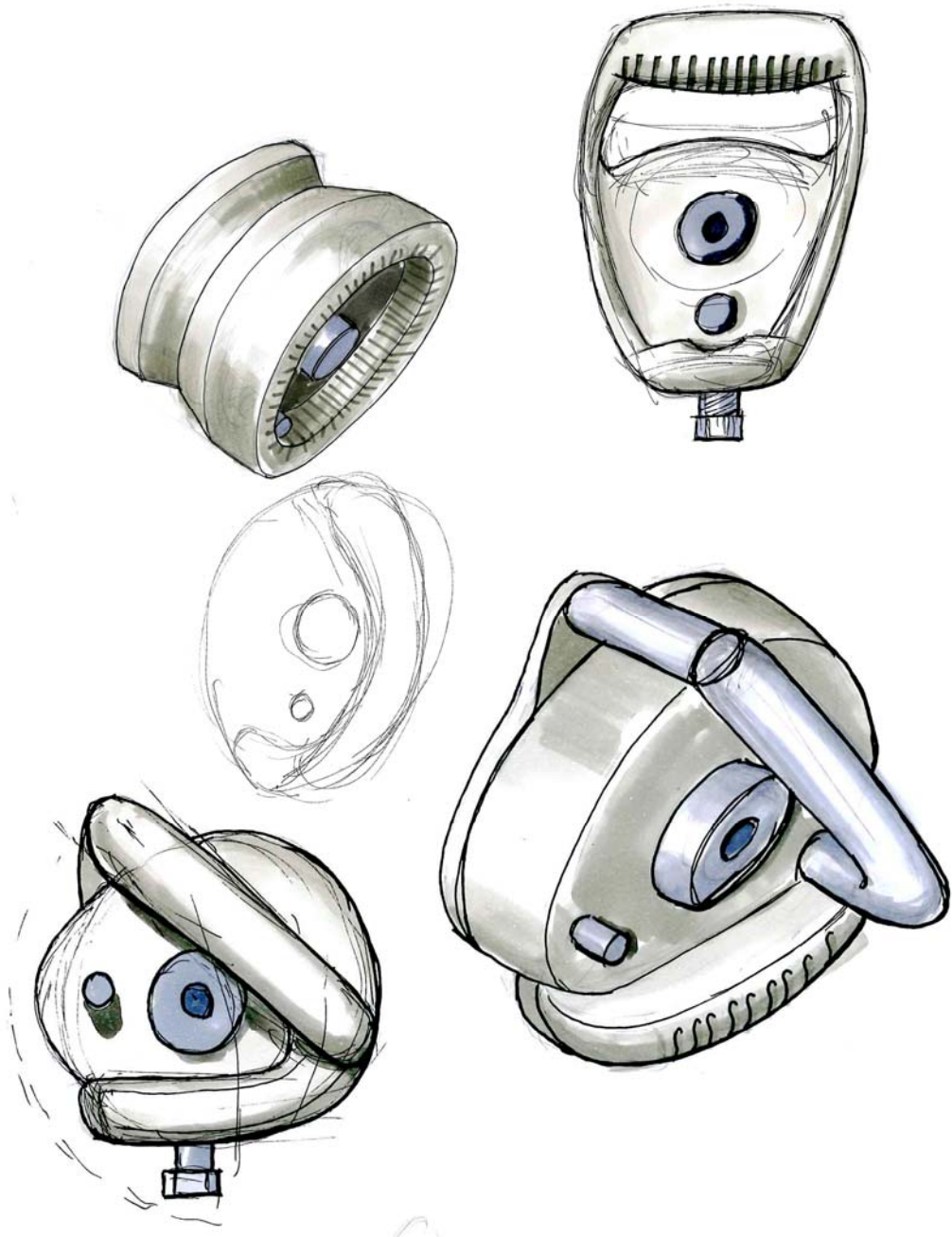


Kuva 19 Visuaaliset referenssit – käsityökaluja

Muotoilultaan työkalut ovat sangen puhdaslinjaisia ja eleettömiä, poislukien Hitachin ja Makitan käyttämä orgaanisempi muotokieli. Kädensijat ja kahvat on muotoiltu ergonomisten periaatteiden mukaisesti, ja esim. turhia sormikoloja / -nystyröitä ei ole käytetty. Tuotteita yhdistää selvästi kaksivärinen teema, jossa on yleensä käytetty mustan ja voimakkaan kontrastiväriin yhdistelmää. Myös kolmatta aksenttiväriä käytetään, yleensä logon väriyksenä. Usein myös kahvat ja tarttumakohdat erottuvat värivalintojen ansiosta melko selvästi. Tähän voi olla syynä myös se, että kuorissa on käytetty kaksikomponenttivalua, jolloin toinen – yleensä musta – väri on itse asiassa kuoresta poiketen paremman kitkan ja mukavuuden tarjoavaa pehmeämpää ainetta.

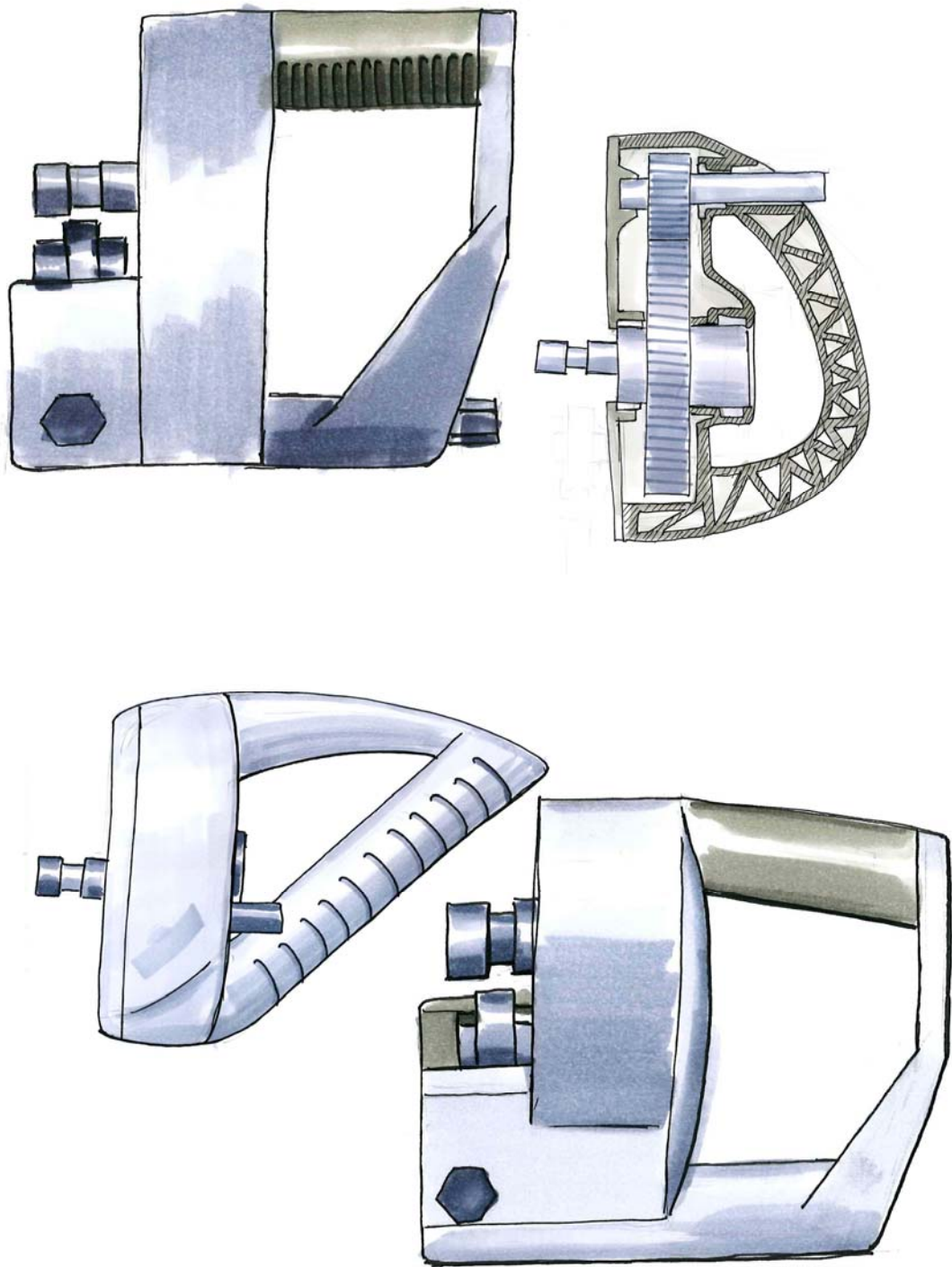
6.2 Ideointi, konseptointi

Ideoinnissa lähdettiin liikkeelle melko vapaalla luonnostelulla ilman tarkempia rajoituksia.



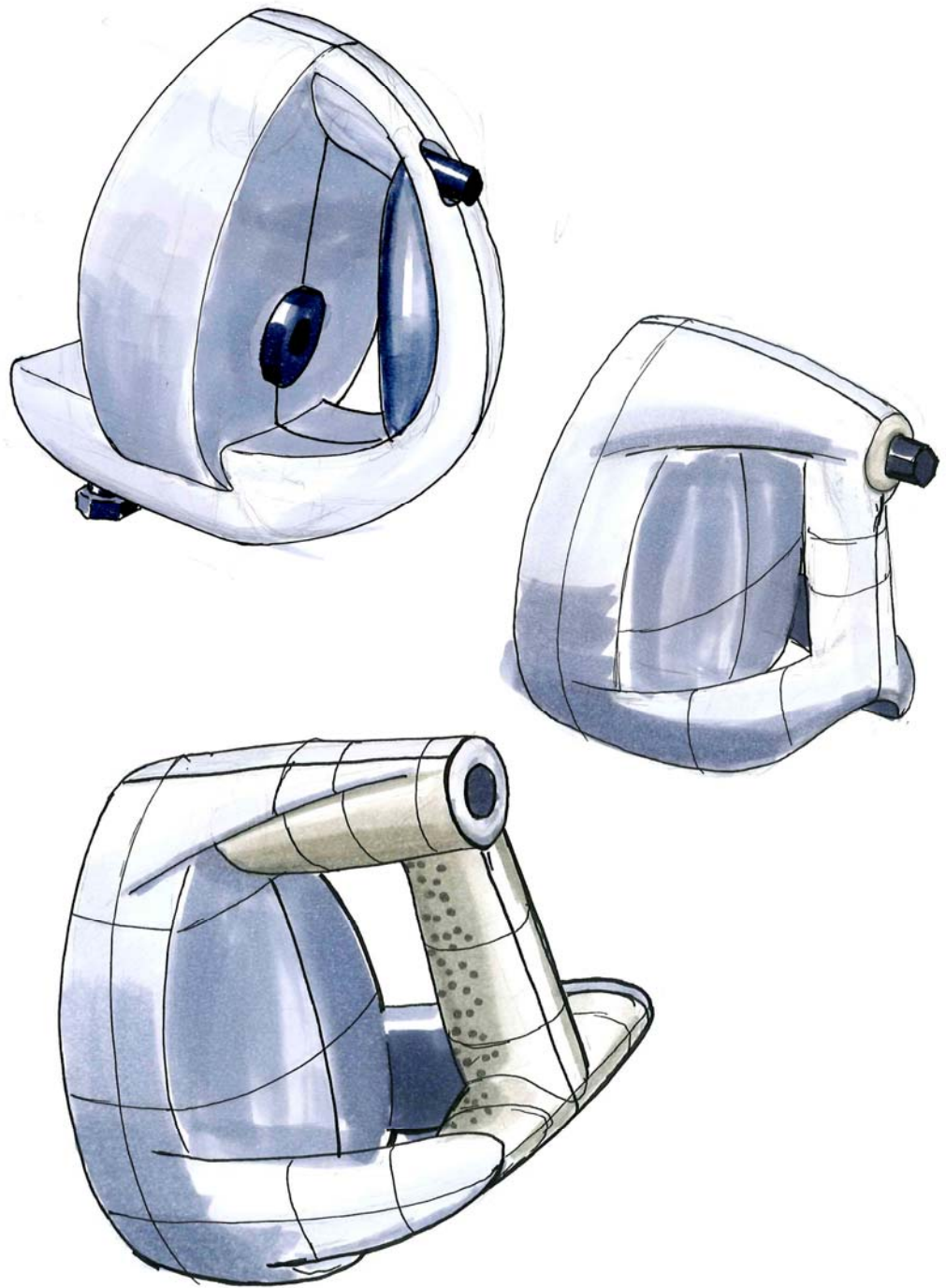
Kuva 20 Alkuluonnoksia 1

Luonnostelun aikana pyrittiin selvittämään erilaisia mahdollisuuksia toteuttaa muoto, joka tukisi operointia kahdella kädellä.



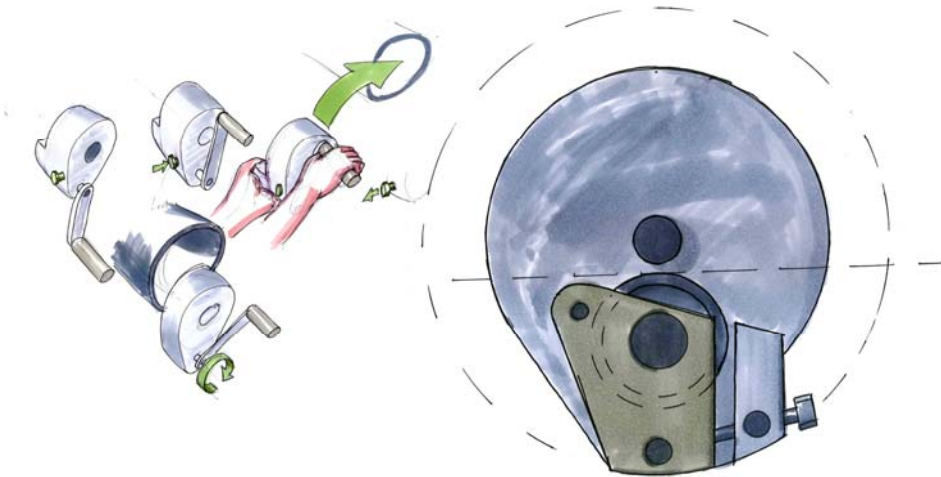
Kuva 21 Alkuluonnoksia 2

Myös vaakasuuntaisen nostokahvan mahdollisuuksia tutkittiin.



Kuva 22 Alkuluonnoksia 3

Koneen painon vuoksi myös pystysuuntaisella kahvalla toteutetun kuoren tulee tukea operoimista kahdella kädellä.



Kuva 23 Toiminnallisia luonnoksia

Konseptin perustekniikaksi valittiin Victaulicin mekaniikka. Victaulicin käyttämän puristusleuan ansiosta putken muokkaukseen tarvittava voima saadaan kehitettyä pienemmällä kiristysmomentilla. Tämä edesauttaa koneen pysymistä suorassa putken keskilinjaan nähden ja täten ehkäisee uran vinoutumista. Rakenne on monimutkaisempi ja painavampi kuin PaceToolin suoralla ruuvikiristyksellä toteutettu rakenne, mutta haitat arvioitiin hyötyjä pienemmiksi.

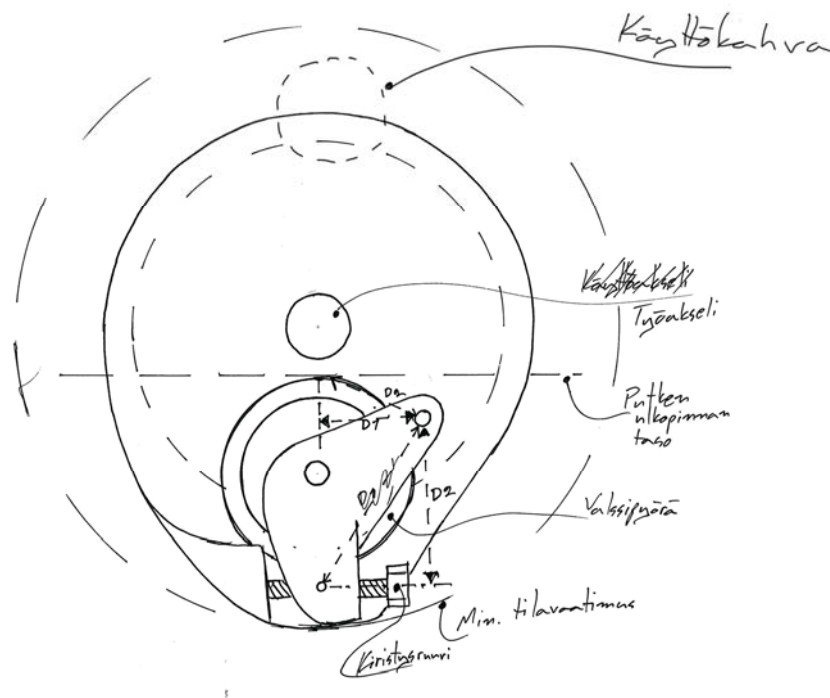


Kuva 24 Victaulicin ja Pacetoolsin kiristysmekanismit

Victaulicin mekanismit mitattiin ja mallinnettiin, ja näiden avulla saatiin arvioitua koneen tilavaatimukset.

Koneen naamapinnan ja toiminnallisten osien sijoituksen suunnittelussa päädyttiin seuraaviin päätöksiin:

- Valssipyörän tulee sijaita työakselin alapuolella, jotta koneen painopiste olisi pystysuoralla linjalla työakselin kanssa, työakselin alapuolella. Tällöin koneen oma massa edesauttaa koneen suuntauksessa.
- Valssipyörän kiristysruuvien tulee sijaita työntekijän puoleisella sivulla, jotta sen käyttö olisi mahdollisimman helppoa kaikilla työskentelykorkeuksilla. Mikäli kiristysruuvi osoittaisi suoraan alaspäin, olisi sen käyttäminen vaikeaa työskenneltäessä vyötärölinjan alapuolella.
- Käyttökahvan tulee sijaita työakselin yläpuolella, jotta sen liikerata saadaan minimoitua koneen pyöriessä putken ympäri.



Kuva 25 Naamapinnan layout

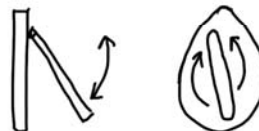
Tilavaatimusten perusteella rakennettiin yksinkertainen, säädettävä rigi kahvojen ja muiden käyttöliittymien sijoittelun ja asentojen tutkimista varten. Tämä valmistettiin nopeasti käyttämättä aikaa viimeistelyyn.



Laakeroitu paino oletetun painopisteen kohdalla

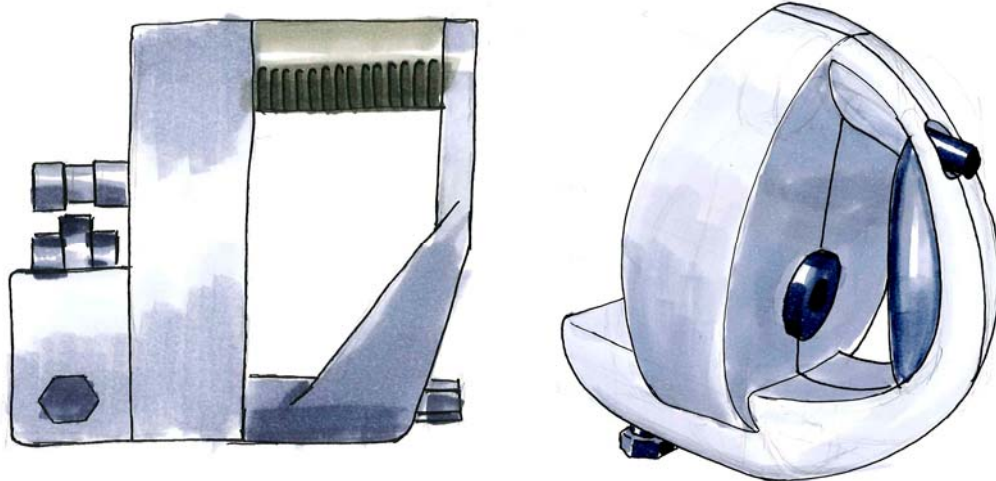
Säädettävä kahva

Säädettävä "lenonkiriätyys"



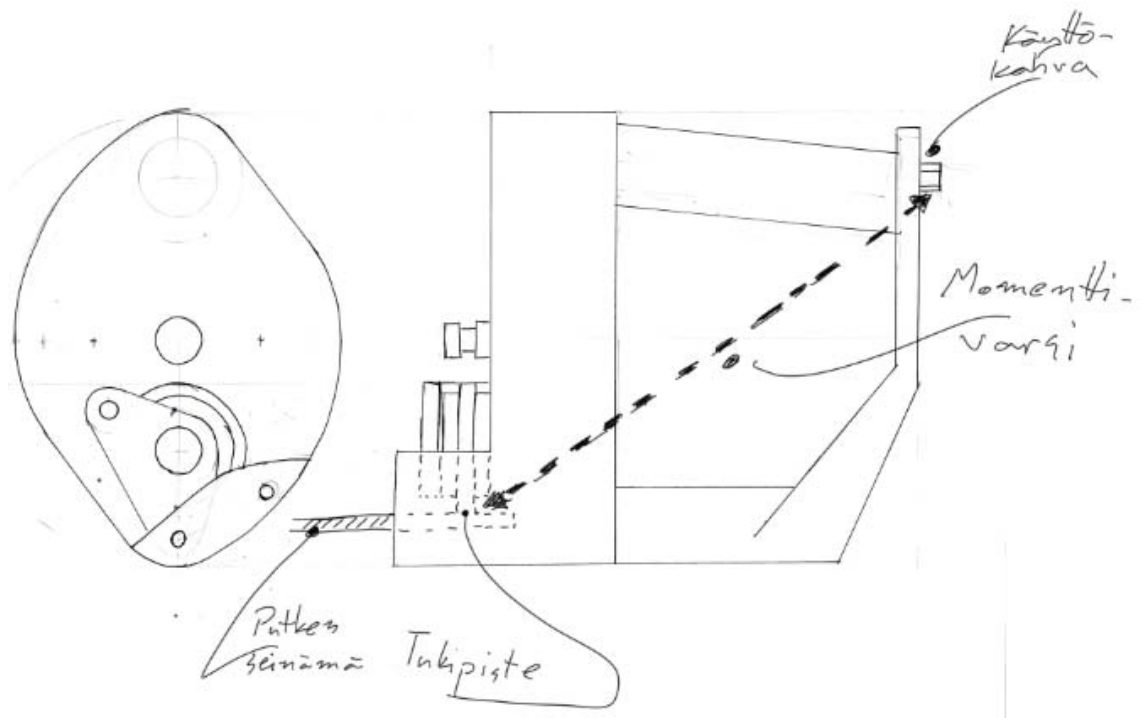
Kuva 27 Testirigi

Asentojen toimivuutta kokeiltiin eri työskentelykorkeuksilla: selkeästi hartialinjan yläpuolella, mukavalla korkeudella ja vyötärölinjan alapuolella. Eri konfiguraatioista lähes vaakasuora kahva toimi parhaiten työskenneltäessä eri korkeuksilla. Pystykahvan tapauksessa havaittiin, että kahvan kallistuskulmat tulee pitää melko maltillisina. Kallistukset, jotka toimivat hyvin työskennellessä hartialinjan yläpuolella, vaikeuttivat vastaavasti käyttöä vyötärölinjan alapuolella.



Kuva 28 Vaaka-, ja pystykahvat

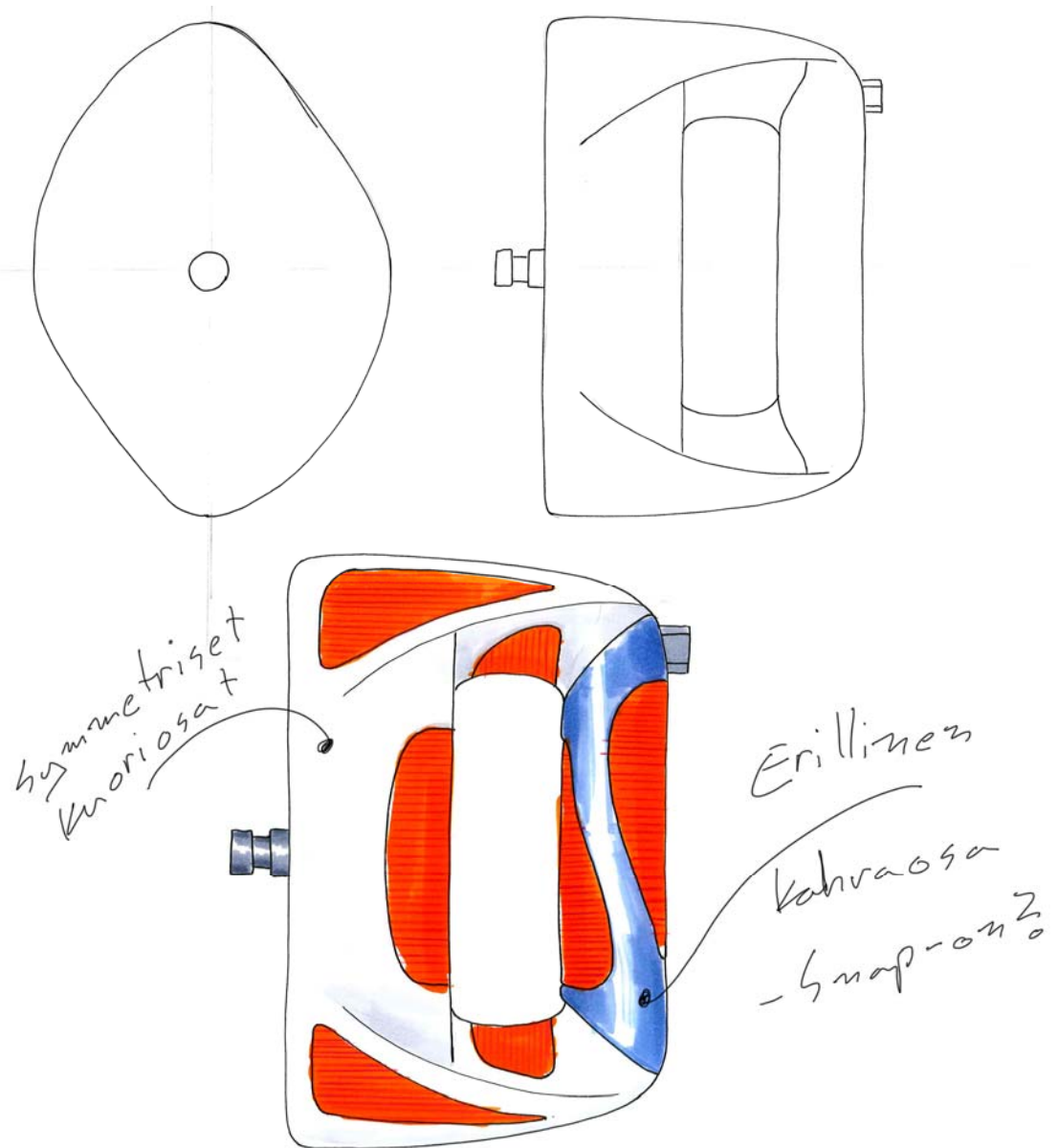
Potentiaalisista vaihtoehtoista luonnosteltiin pääprojektit luonnollisessa koossa. Nämä osoittautuivat sängen hyödyllisiksi, kun suunnitelmia ruvettiin tarkastelemaan tarkemmin.



Kuva 29 Vaakakahvan ongelma

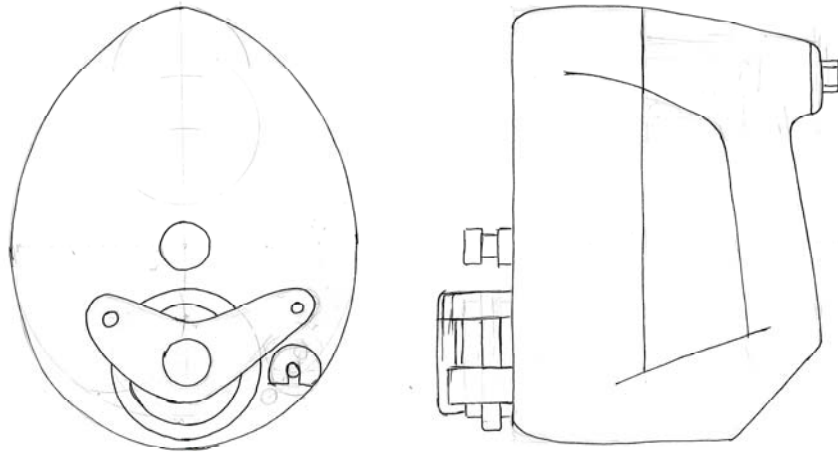
Vaakakahva-konseptissa huomattiin, että käden vaatima tila edellyttää liian pitkää kahvaosaa. Käyttökamman tulee pystyä pyörimään vapaasti akselinsa ympäri, eli sen liitoskohdan tulee olla uloin kohta kuoren takaosassa. Liitoskohdan etäisyys koneen tukipisteestä aiheuttaa tukipisteeseen suuren vääntömomentin kampea pyöritettäessä. Tästä luultavasti aiheutuisi ongelmia työstettävän uran suoruuden suhteen.

Pystykahva-konseptissa työstettiin kahta vaihtoehtoa. Näistä ensimmäisessä kuorikappaleet olivat symmetrisiä, millä saataisiin säästöjä muotti-investoinnissa ja nimikehallinnassa. Symmetrisessä kappaleessa törmättiin kuitenkin ongelmiin mm. kahvan asennon ja tarvittavien läpivientien kanssa. Rakenne edellyttää pystysuoraa kahvaa, joka ei ole ergonomisesti optimaalinen ratkaisu. Myös käyttökahvan akseli edellyttää läpivientejä kahvaan, jotka tulee voida tukkia väärästä päästä. Tarvittavat lisäosat eliminoivat rakenteesta saatavat hyödyt. Pystysuora muotoilu ei myöskään ollut kovin intuitiivinen laitteen oikean asennon löytämisessä.



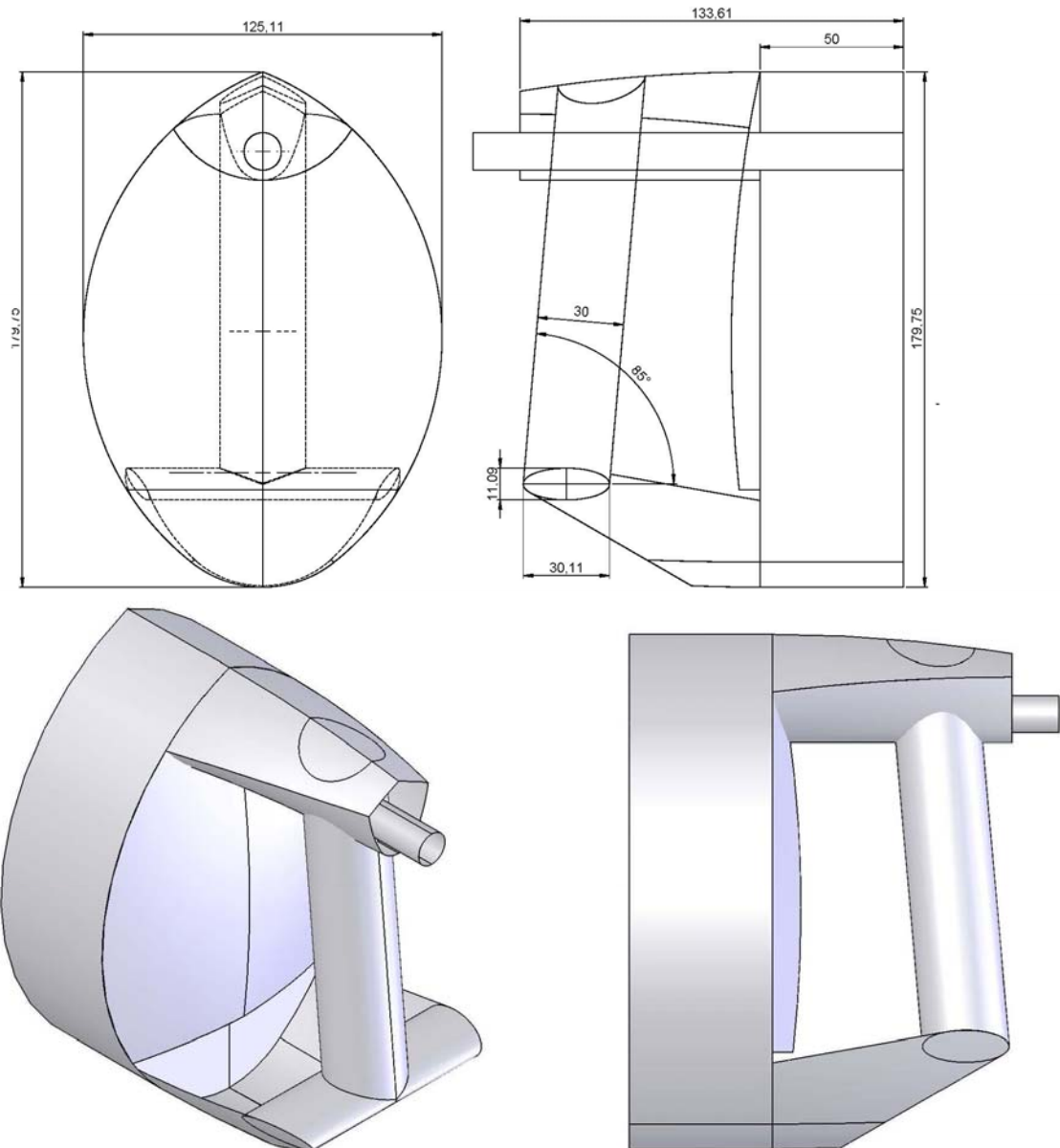
Kuva 30 Symmetrinen rakenne

Lopulliseksi konseptiksi valikoitui pystykahvarakenne, jonka kahvassa on maltillinen kallistus eteenpäin, epäsymmetriset valupuolikkaat sekä poikittainen tuki kahvan alaosassa.



Kuva 31 Epäsymmetrinen pystykahva

Aiemmin selvitettyjen vaatimusten perusteella SolidWorksilla mallinnettiin pikainen pintamalli. Tästä tehtyjen projektiokuvien avulla ruvettiin hakemaan lopullista muotoilua.

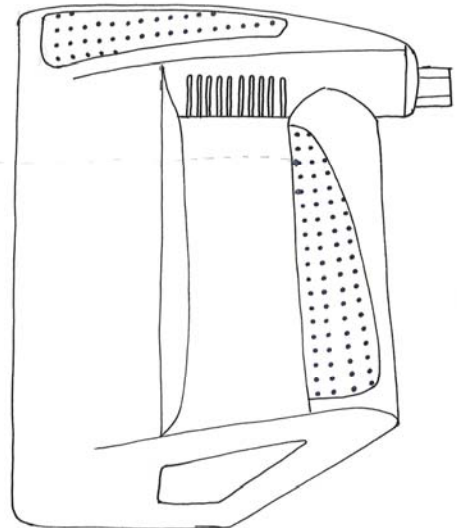
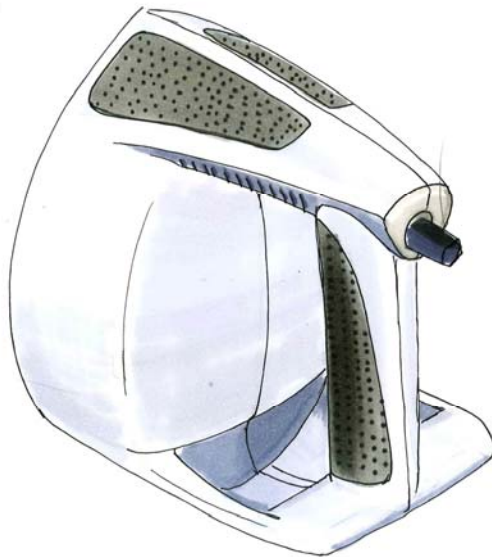


Kuva 32 Pintamalli

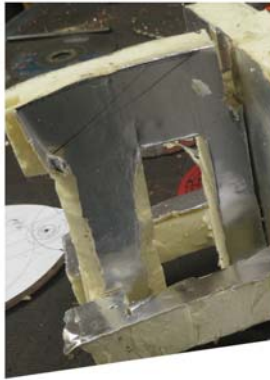
Pintamallin projektiokuvien avulla tuotteen lopullista muotoilua ruvettiin tarkentamaan.



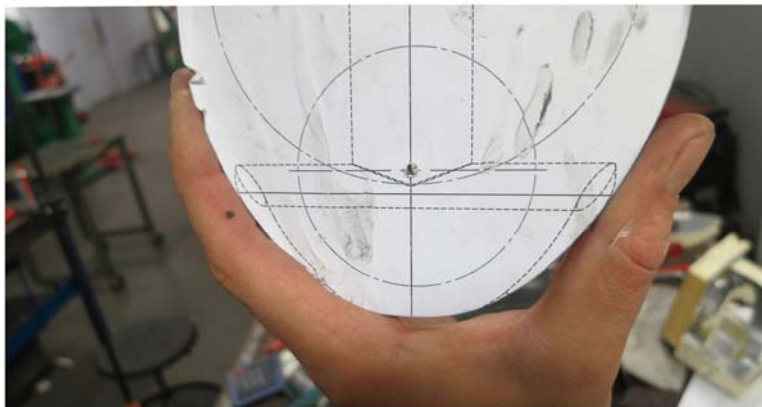
147



Kuva 33 Ilmeen hakemista



Päämittojen perusteella suoritettiin nopea mittojen tarkastus. Materiaalina polyuretaani. Projektiokuvat liimattiin vanerille, ja vaneri sahattiin muotoon. Geometriaan tehtiin tämän tuntuman perusteella tarvittavat muutokset. Esim. alaosan kaaren sädettä kasvatettiin miellyttävämmän tuntuman aikaansaamiseksi.



Vaneriin liimattiin Styrofoam-levyt kuumaliiman avulla. Lisävarmistuksina / -tukina käytettiin rautalankaa ja -tankoja. Kuvassa alaoikealla näkyy alkuperäisen pintamallin ja lopullisen hahmomallin naamapintojen eroja.



Kuva 34 Alustavien hahmomallien tekemisestä



Hahmomallia työstettiin pääosin vannesahalla ja puukolla. Tukirakenteiksi lisätyt rautalangat tuottivat melkoisia ongelmia projektin edetessä, ja ratkaisua kannattaa välttää jatkossa. Koska kyseessä oli suuntaa-antava malli, ei viimeistelyyn käytetty hirveästi aikaa.



Kuva 35 Alustavien hahmomallien tekemisestä, osa 2

7 Yhteenveto

Opinnäytetyössä keskityttiin lähinnä koneen kahvaosien ja kuoren muotoiluun. Myös koneen toiminnallisia osia suunniteltiin uudelleen paremman käytettävyyden takaamiseksi, mutta nämä ratkaisut jätettiin opinnäytetyön ulkopuolelle mahdollisten patenttihakemuksien takia. Työskentely tapahtui pääosin käsityökaluin sekä piirtämällä, ja tietokoneavusteisen suunnittelun osuus pysyi melko pienenä. Tämä oli tietoinen valinta kahdesta syystä; toimimalla näin koin sekä oppivani enemmän että saavani ergonomisemman muotoilun tuotteelle.

Koneen kenttäkäytön edellyttämien moninaisten työasentojen takia viitekehys-osiossa käsittelemistäni ergonomian kirjallisuudesta ei loppujen lopuksi ollut suurta hyötyä tuotteen muotoilussa. Muodot ja mitoitus muodostuivatkin kokeilemalla, ja ratkaisut olivat hyvin pitkälti intuitiivisia.

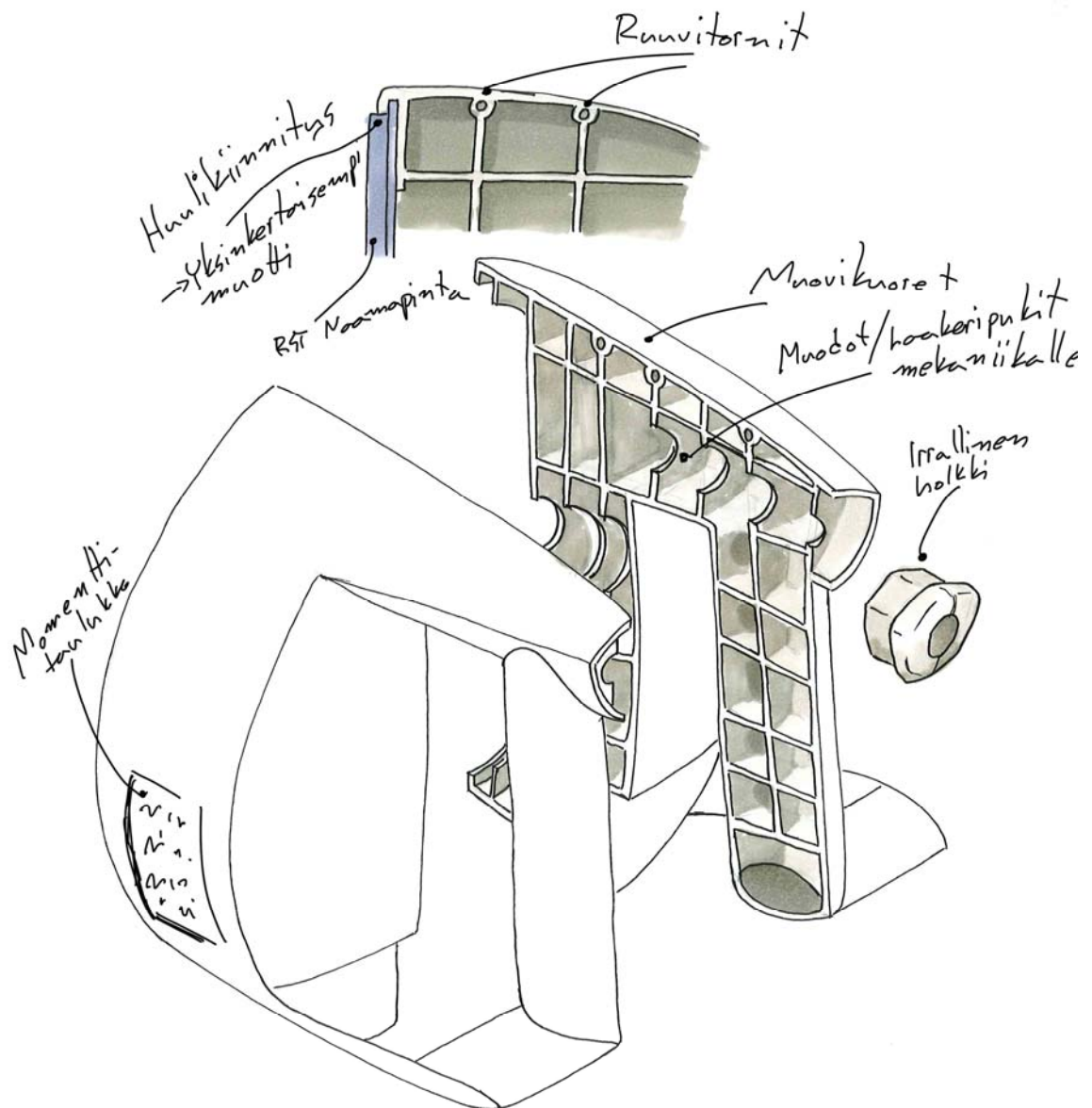
7.1 Lopullinen konsepti

Kone muodostuu pääpiirteissään neljästä osa-alueesta: koneen sisäisestä tekniikasta, putken ja koneen liittymäpinnoista, koneen naamapinnasta ja sen kahva- tai kuoriosasta. Koneen sisäisen tekniikan parantamiseen ei paneuduttu, vaikka näiden uudelleensuunnittelulla voitaisiin saavuttaa melkoinen painonsäästö. Suurin muutos tekniikassa on sen käyttöakselin muuttaminen pidemmäksi ja kuusiokannalla varustetuksi. Näillä toimenpiteillä voidaan käyttökahvana käyttää valmista räikkätoiminnalla ja momenttirajoittimella varustettua kahvaa, jolla saavutetaan merkittävä parannus koneen käytettävyydessä.

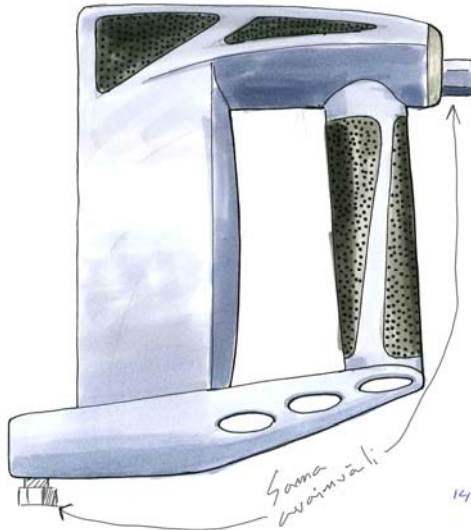
Koneen naamapinta tulee olemaan koneistettu ruostumattomasta teräksestä valmistettu levy, johon kiinnitetään putken muokkaamiseen ja tarttumiseen tarvittavat osat. Ratkaisu on kallis, mutta tällä varmistetaan putken päätä vasten olevan pinnan tasomaisuus ja kestävyys.

Kahvaosuus rakentuu kahdesta ruiskuvaletusta kuoren puolikkaasta, sekä erillisestä holkista käyttöakselin läpiviennissä. Erillisellä holkkikappaleella päästään yksinkertaisempaan, luonnolliseen muottiin kuorisosien osalta. Materiaalina kuorissa käytetään muovia. Kuoren puolikkaat kiinnitetään toisiinsa ruuviliitoksin huolto- ja korjaustoimenpiteiden mahdollistamiseksi. Kuorien valu toteutetaan kaksikomponenttivalulla, joka mahdollistaa eriväristen tartuntapintojen ja toiminnallisten piirteiden valmistamisen yhdessä valussa. Pääosa pinnoista tullaan valmistamaan ABS

-muovista sen hyvien mekaanisten ominaisuuksien ja alhaisen pintaenergian takia. Tartuntapinnat tulevat olemaan muuta kuorta pehmeämpää materiaalia, luultavasti TPE:tä tai uretaania paremman otteen ja kitkan saavuttamiseksi. Jotta leukojen ylikiristämiseltä ja siitä seuraavasta putkien vääntymiseltä voitaisiin välttyä, tulee kuorikappaleen kylkeen taulukko, jossa on määritelty suurimmat sallitut kiristysmomentit eri seinämävahvuuksille.

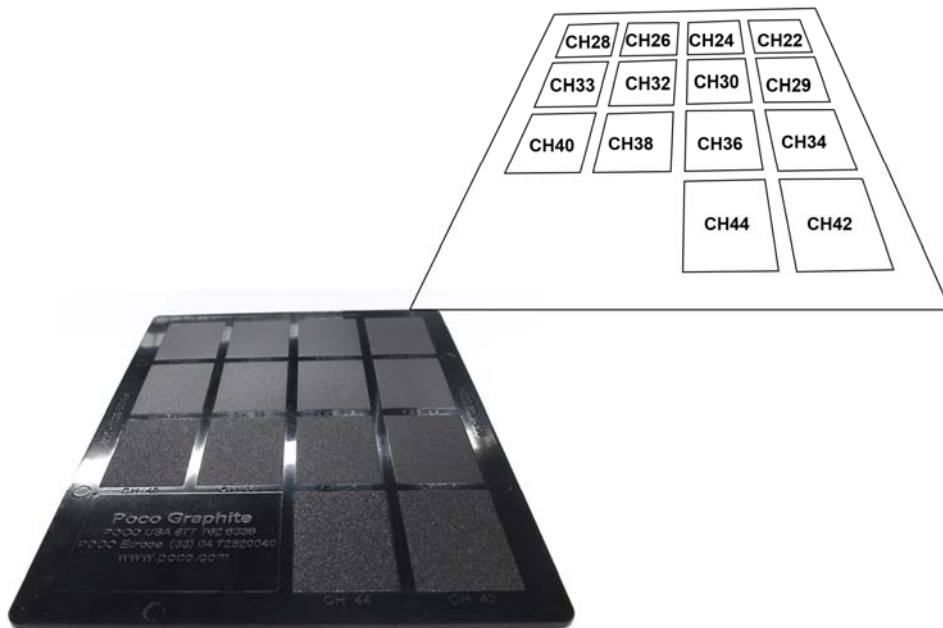


Kuva 36 Lopullinen rakenne



Kuva 37 Avainväleistä

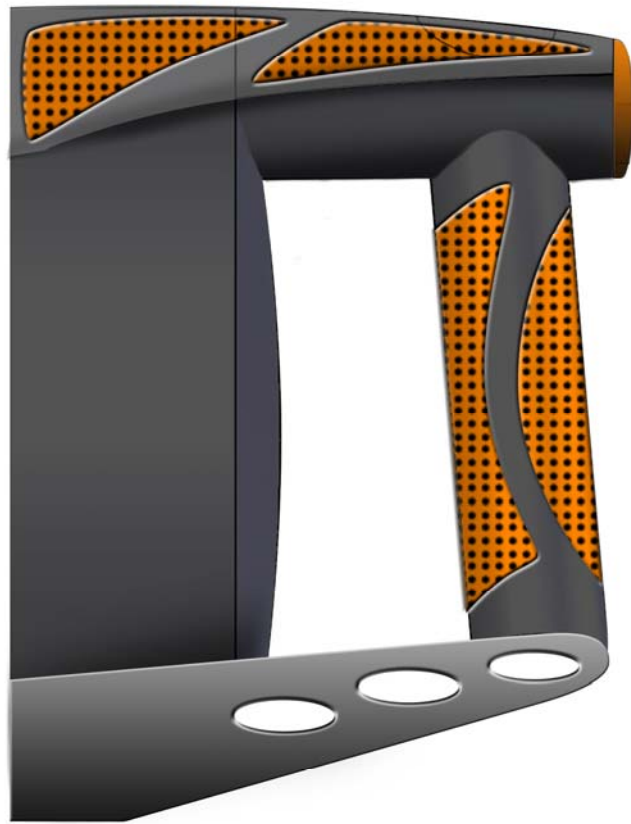
Tuotteen väritystä pohdittaessa tarkasteltiin muita markkinoilla olevia työkaluja. Tämä tehtiin alun perin siksi, että vältettäisiin tuotteen sekaantumista jonkin toisen valmistajan tuotteisiin, mutta jokaiselle väriyhdistelmälle löytyi ainakin kaksi valmistajaa. Lopullisiksi väreiksi valikoitui tummanharmaa perusväritys tartuntapintojen ja toiminnallisten osien ollessa oransseja. Oranssi väri toimii signaalivärinä ja edesauttaa tuotteen tunnistamista ja löytämistä työmaalta. Muottipinnat kipinätyöstetään CH38–arvoon harmailla pinnoilla, ja tartuntapintoihin tulee kuoppamainen kuviointi. Kipinätyöstön ansiosta pinnat eivät tuota kirkkaita heijastuksia, eivät ole yhtä herkkiä naarmuuntumiselle ja tarjoavat paremman kitkan.



Kuva 38 Pinnankarheuksista



Kuva 39 Värivertailua



Kuva 40 Lopullinen värivalinta

Hahmomalli valmistettiin leikkaamalla vanerista pääprojektiot projektiokuvien avulla. Vanereista koottiin perustukiranka, jonka päälle alettiin hakea lopullista muotoa

muotoiluvahan avulla. Työskentelyn aikana vanerinen tukiranka toimi hyvänä referenssipisteenä.



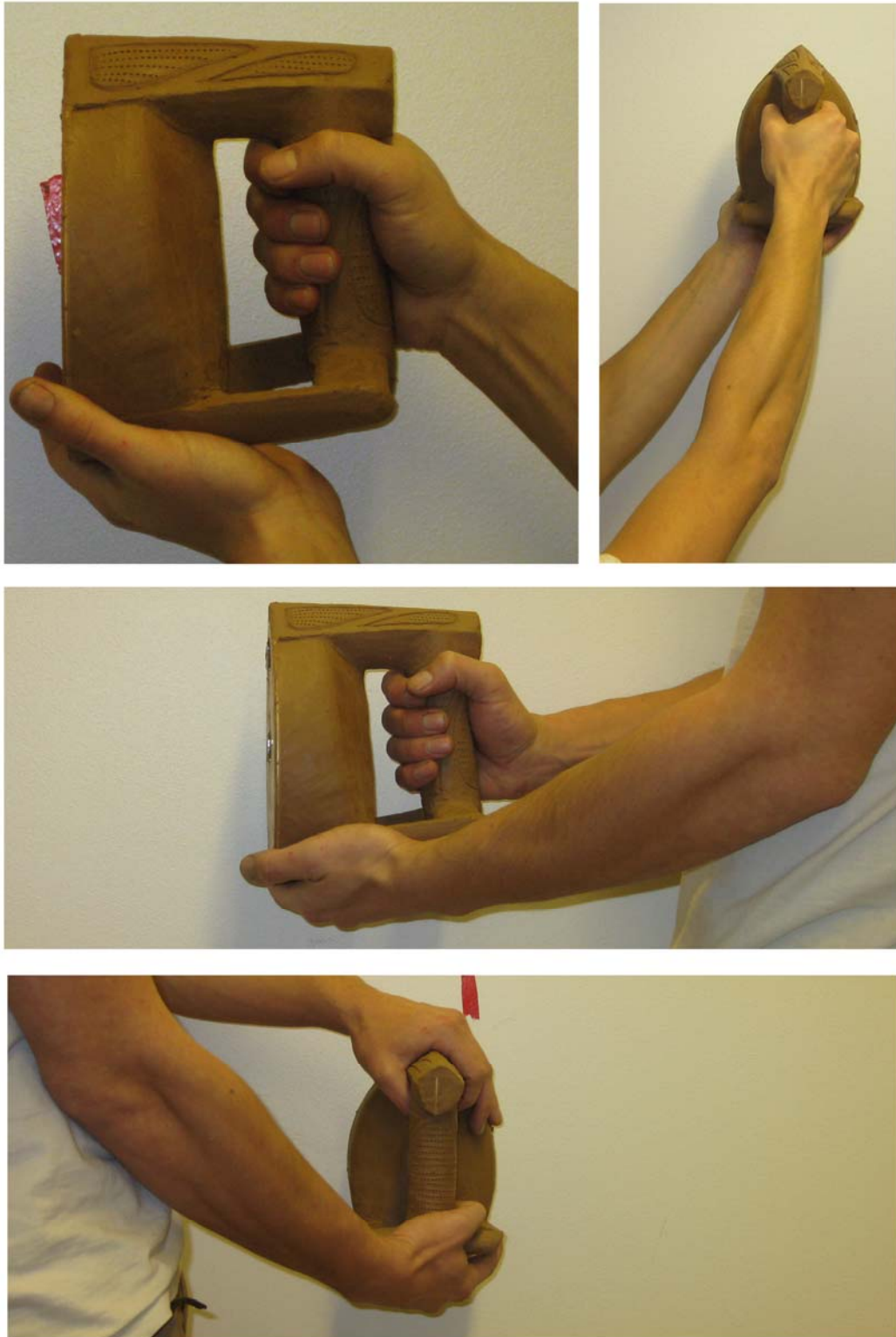
Kuva 41 Lopullista hahmomallia tekemässä



Kuva 42 Lopullinen hahmomalli

Suurimmat muutokset alkuperäiseen pintamalliin verrattuna olivat koneen alapinnan suurempi kaari sekä pystykahvan halkaisijan ja pituuden kasvattaminen. Näillä toimenpiteillä koneesta saatiin miellyttävämpi ja tukevampi ote. Koneen alaosassa

olevien siivekkeiden leikkausta muutettiin keveämmäksi. Hahmomalliin ei tehty projektiokuvan mukaisia ovaalireikiä siivekkeisiin, jotta malli pysyi tarpeeksi vahvana käsittelyä ajatellen. Reiät tulevat lopulliseen tuotteeseen keventämään ilmettä.

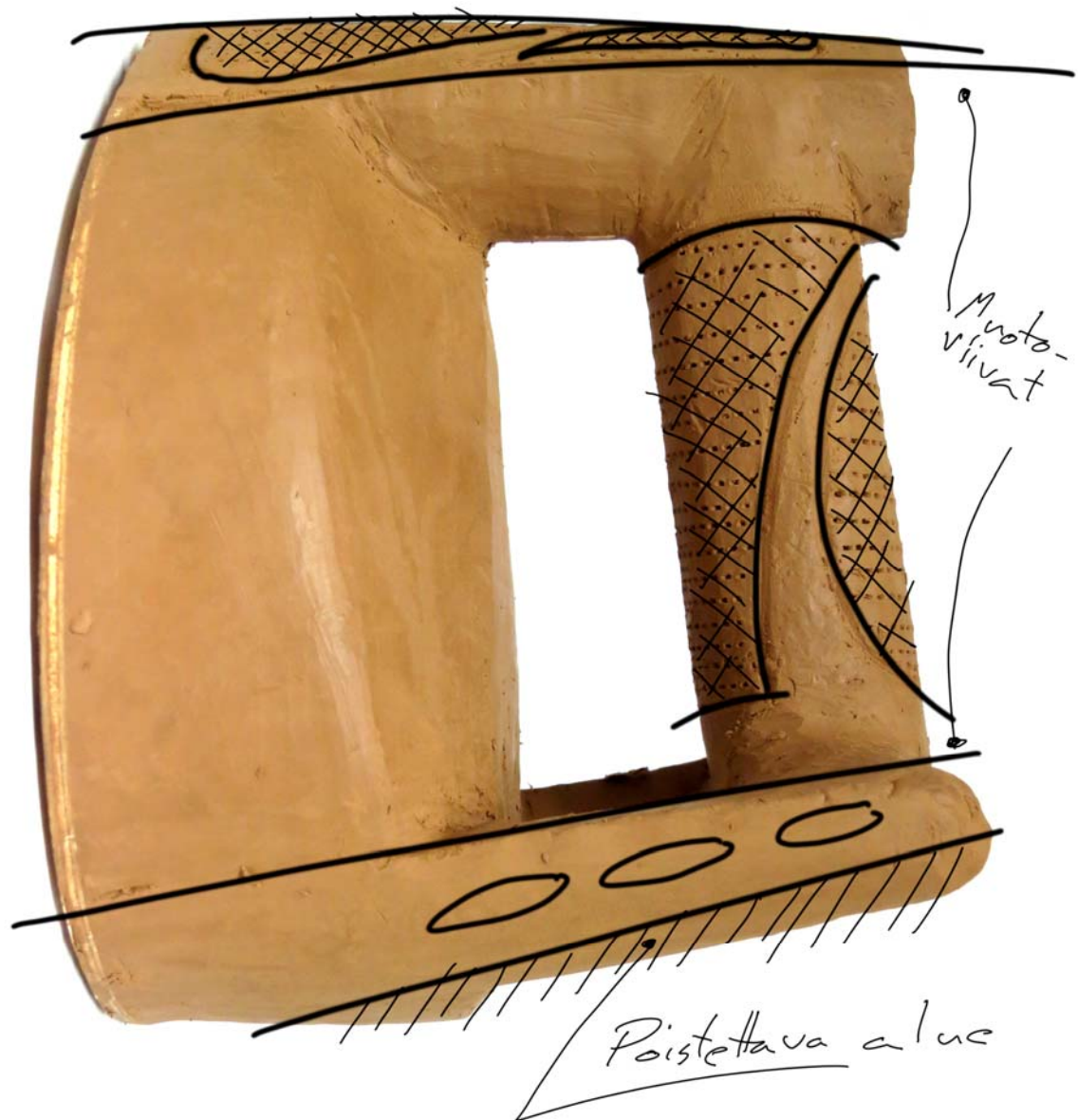


Kuva 43 Otteista

7.2 Jatkoitoimenpiteet

Enexian edustajat näkivät tuotteessa selkeää potentiaalia ja ovat suostuneet investoimaan tuotteen jatkokehitykseen. Projektin edetessä tuotteistamisvaiheeseen tulee rakenteelle tehdä tarkemmat lujuus- ja kustannusanalyysit. Myös tämän opinnäytetyön ulkopuolelle jätetyt mekanismit tulee tarkastaa ja optimoida. Projekti tulisi aloittaa tuotteeseen kohdistuvien voimien ja jännitysten analysoinnilla. Nämä on melko helppo saada selville momenttivääntimen ja yksinkertaisten ruuvikaavojen avulla. Kun tuotteen mekaaniset vaatimukset ovat selvillä, voidaan se mallintaa tarkemmin ja tehdä tarvittavat lujuusanalyysit. Rakenteen optimointi tulee tehdä myös muottivalmistusta silmälläpitäen. Tuotteen muotoilussa on pyritty pitämään mielessä myös muottitekniset asiat, ja se on valmistettavissa lähes luonnollisella muotilla. Kahvan alaosan siivekkeet ovat haasteellisia toteuttaa luonnollisella muotilla, ja mm. näitä seikkoja tulee miettiä tarkemmin jatkossa.

Koneen muoto kokonaisuudessaan vaatii myös jatkokehittelyä. Koska muotoilussa keskityttiin käyttömukavuuden ja ergonomian maksimoimiseen, on lopputulos sangen pehmeä ja sämpylämäinen. Ilmeelle pyrittiin antamaan lisää ryhdikkyyttä, särmikkyyttä ja keveyttä muutamalla suoralla linjalla ja kahvan alaosan siivekkeissä olevilla rei'illä. Myös tartuntapintojen kaksiosaisuudella pyrittiin samaan vaikutukseen. Kuvassa 44 esitetään hahmomallissa toteutetut muotopiirteet ja tarvittavia muutoksia.



Kuva 44 Hahmomallin muotopiirteet ja muutostarpeet

Koneen alapinta tulee muotoilla tasaiseksi pinnaksi, jotta se voidaan asettaa pöydälle seisomaan pystyasennossa. Käyttäjätutkimuksessa esiin tullutta tarvetta kantohihnalle ei olla vielä huomioitu, ja tämän vaatimat kiinnitykset tulee integroida kuorikappaleisiin.

Lähteet

Dul, Jan & Werdmeester, Bernard, 2001. Ergonomics for beginners – A quick reference guide. 2. painos. Lontoo: Taylor & Francis.

EU-OSHA, 2007. Factsheet 72 – Työperäiset niskan ja yläraajojen tuki- ja liikuntaelinsairaudet.
[verkkodokumentti] <<http://osha.europa.eu/fi/publications/factsheets/72>>.
Luettu 1.10.2012.

Haapiainen, Tuulikki, 1979a. Ergonomiatiedoite 1. Työterveyslaitos, fysiologian osasto. Vantaa.

Haapiainen, Tuulikki, 1979b. Ergonomiatiedoite 2. Työterveyslaitos, fysiologian osasto. Vantaa.

Jones, Morgan D., 1998. The thinker's toolkit. New York: Three Rivers Press

Kuorinka, Tuulikki, 1987. Ergonomiatiedoite 4. Työterveyslaitos, Ergonomian ja työfysiatrian jaos. Helsinki.

Virtanen, Simo & Pahkin, Krista 2010. Annex to Report: Work-related musculoskeletal disorders – Facts and figures. Finland. Helsinki: Työterveyslaitos. Saatavilla osoitteessa <http://osha.europa.eu/en/resources/tero09009enc-resources/finland.pdf>.
Luettu 18.9.2012

Kuvalähteet

Kuva 18

<http://cfnewsads.thomasnet.com/images/large/030/30606.jpg>

http://www.boschtools.com/AboutBoschTools/PressRoom/PublishingImages/RHH181_hero.jpg

<http://tuotteet.etra.fi/tuotekuvat/13716673/makita-bdf453-akkuporakone.jpg>

<http://bcfasteners.com/wp-content/uploads/2013/02/Makita-BGA452Z-Cordless-Angle-Grinder.png>

<http://www.hitachipowertools.com/Images/Product/CR18DSL4.jpg>

<http://www.hitachipowertools.com/Images/Product/CJ18DSL4-Angle.jpg>

<http://img.rakuten.com/PIC/15981131/0/1/1000/15981131.jpg>

Kuva 19

<http://karcher-vitre.k.a.pic.centerblog.net/o/93c64658.jpg>

<http://images.lowes.com/product/converted/843221/843221009328.jpg>

<http://toolguyd.com/blog/wp-content/uploads/2011/08/KNIPEX-88-02-180-SBA-Comfort-Grip-Alligator-Pliers.jpg>

<http://www.elecspeess.com.au/spnet6/img/7/8/0/3/1/7803125.jpg>

<http://www.toolmanyardley.co.uk/files/ecomproducts-image-1.jpg>

<http://cfnewsads.thomasnet.com/images/large/024/24713.jpg>

Kuva 39

<http://www.bosch-presse.de/presseforum/show/thumbnail/1-PT-19484.jpg?id=8844,6&cache=on&maxheight=370&maxwidth=494>

<http://www.bosch-presse.de/presseforum/show/thumbnail/1-PT-19509.jpg?id=8558,6&cache=on&maxheight=370&maxwidth=494>

http://www.toolstop.co.uk/components/com_virtuemart/shop_image/product/0417dd8b7ea1f406ffca426d3a88e472.jpg

http://www.conrad.com/mdias/global/ce/8000_8999/8100/8140/8148/814841_LB_00_FB.EPS_1000.jpg

[http://www.hitachi-powertools.com.au/Media/Products/CJ18DL\(HL\).jpg](http://www.hitachi-powertools.com.au/Media/Products/CJ18DL(HL).jpg)

<http://www.makita.co.za/css/images/GA5010-Slider.jpg>

<http://media.coopelectricalshop.co.uk/media/default/Products/KAR-HVC-WV50-Y.png?404=product&format=jpg&quality=60&bgcolor=ffffff>

http://www.toolstop.co.uk/components/com_virtuemart/shop_image/product/KS600E.jpg

Kuva40

http://www.conrad.com/mdias/global/ce/8000_8999/8100/8140/8148/814841_LB_00_FB.EPS_1000.jpg

http://www.toolstop.co.uk/components/com_virtuemart/shop_image/product/KS600E.jpg

Mitä seuraavista putkiurituskoneista olet käyttänyt aiemmin?

Victaulic (12 tai 26)

Pacetools

Ridgid

Joku muu, mikä?

Minkä valmistajan putkiurituskone on nykyään pääasiallisessa käytössäsi?

Victaulic (12 tai 26)

Pacetools

Ridgid

Joku muu, mikä?

Vaikutitko itse nykyisen koneen valintaan?

Kyllä/Ei

Mitkä seuraavista asioista vaikuttivat valintaasi?

Kolmiportainen asteikko;

Paino

Fyysiset mitat

Miellyttävämpi käyttää

Firman päätös

Hinta

Parempi sopivuus yleisimpiin putkikokoihin

Joku muu, mikä?

Kuinka tyytyväinen olet nykyiseen putkiurituskoneeseesi?

Viisiportainen asteikko;

Paino

Fyysiset mitat

Kestävyys

Putkikokoalue

Asemointi putkeen / työstön aloittaminen

Kannettavuus

Kuinka usein käytät käsikäyttöistä putkiurituskonetta?

Päivittäin/Muutaman kerran viikossa/Viikoittain/Kuukausittain/harvoin

Kuinka monta uraa teet käsikoneella? (Eli et vie penkkikonetta työmaalle)

0-5/6-10/11-20/21-30/30+

Kuinka usein käytät - Viisportainen asteikko;

Konetta telineellä tai pöydällä?

Konetta hartialinjan yläpuolella?

Konetta sisätiloissa?

Konetta ulkotiloissa?

Konetta porakoneen avulla?

Konetta hanskat kädessä?

Urakoneen kalibrointilevyjä?

Kuinka tarkastat urasyvyyden?

Viisiportainen asteikko, En juuri koskaan – Käytännössä aina

Silmämääräisesti

Liittimen puolikkaalla

Urasyvyys –mittanauhalla

Duel 1 – yleisimmät putkikoot: DN25-DN40 / DN50-DN150 / DN200+

Duel 2

Kumman ominaisuuden näkisit mielummin uudessa putkiurituskoneessa?

Räikkäkahva

Keveys

Minimoidut ulkomitat

Vaihdettavat rullat

Kantolaukku

Kantohihna

Sähköinen käyttö

Automaattinen urasyvyysindikaattori

Automaattinen toiminta

Mahdollisuus käyttää yhdellä kädellä

